

УДК 616.132-004.6-073.756.8-005.8

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ С КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ КАК МЕТОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ СТЕНКИ АОРТЫ

А. С. МАКСИМОВА, В. Е. БАБОКИН, И. Л. БУХОВЕЦ,
Е. Э. БОБРИКОВА, Ю. В. РОГОВСКАЯ, П. И. ЛУКЪЯНЕНОК, В. Ю. УСОВ

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт кардиологии»
Сибирского отделения Российской академии медицинских наук, Томск, Россия*

В статье представлена картина МР-томографической визуализации атеросклеротических изменений аорты у пациентов с распространенным атеросклерозом и перенесенным острым инфарктом миокарда при контрастировании парамагнетиком.

Цель. Изучить картину МР-томографической визуализации атеросклеротических поражений аорты при парамагнитном контрастировании у пациентов с распространенным атеросклерозом и перенесенным острым инфарктом миокарда (ОИМ).

Материалы и методы. В исследование были включены 24 пациента с распространенным атеросклерозом и перенесенным трансмуральным ОИМ левого желудочка. В качестве контрольных обследованных в исследование включены восемь пациентов с опухолевой патологией органов грудной клетки (ОГК) без признаков клинически значимого атеросклероза того же возрастного диапазона. Всем пациентам проведено контрастированное исследование с введением парамагнетика в стандартной дозе 0,1 ммоль/1 кг массы тела и рассчитан индекс усиления T1-взв. изображения как отношение интенсивности области стенки аорты на контрастированном и исходном МРТ-исследовании.

Результаты. У пациентов с распространенным атеросклерозом и перенесенным ОИМ наблюдалось достоверно превосходящее показатели контрольных лиц усиление интенсивности сигнала в атеросклеротически измененной стенке аорты при введении контраста-парамагнетика, значение ИУ во всех случаях было больше 1,14 (среднее значение – 1,19±0,06). Характер накопления контраста-парамагнетика в зависимости от протяженности и циркулярности поражения визуализируется как локально-очаговый либо диффузно-распространенный тип аккумуляции. В контрольной группе было отмечено отсутствие значимого накопления контраста парамагнетика в стенке аорты, ИУ не превышал 1,04 (среднее значение – 1,01±0,02).

Заключение. Контрастированная МРТ позволяет визуально и количественно оценить патологическое поражение аортальной стенки при атеросклерозе.

Ключевые слова: атеросклероз аорты, магнитно-резонансная томография, контрастирование атеросклеротических бляшек.

CONTRAST-ENHANCED MRI IMAGING OF ATHEROSCLEROTIC LESIONS OF THE AORTIC WALL

A. S. MAXIMOVA, V. E. BABOKIN, I. L. BUKHOVETS,
YE. E. BOBRIKOVA, YU. V. ROGOVSKAYA, P. I. LUKYANENOK, W. YU. USOV

*Institute of Cardiology of Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences,
Tomsk, Russian Federation*

The article describes patterns of paramagnetic contrast enhanced MR tomographic imaging of atherosclerotic lesions of aorta in patients with extensive atherosclerosis and previous acute myocardial infarction.

The purpose. We have analyzed MR tomographic imaging features of atherosclerotic lesions of the aorta, with a paramagnetic contrast enhancement, in patients with extensive atherosclerosis and old acute myocardial infarction (AMI).

Materials and methods. The patients population comprised 24 patients with multiple atherosclerosis and old transmural AMI of the left ventricle. As control group eight patients with tumor pathology of the thorax were employed, without evidence of clinically significant atherosclerosis, of the same age range. All patients underwent contrast-enhanced study (paramagnetic in standard dose of 0,1 mmol / kg BW) and index of enhancement (IE) of T1-weighted images was calculated as the ratio of intensities over the aortic wall on contrast and initial MRI studies.

Results and discussion. In patients with extensive atherosclerosis and old AMI IE of the atherosclerotic lesions in the aortic wall in all cases was over 1,14 (mean 1,19±0,06), far more than increasing of intensity in the control group. Types of accumulation of contrast paramagnetic was assigned as a local or diffuse accumulation syndrome, depending on the length and circularity of the lesions. In the control group no significant accumulation of contrast paramagnetic material in the aortic wall was observed, IE did not exceed 1.04 (mean 1,01±0,02).

Conclusion. Contrast-enhanced MRI allows to visually and quantitatively assess pathology of aortic wall in atherosclerosis.

Key words: atherosclerosis of aorta, MRI, contrast-enhanced imaging of plaques.

Введение

Хорошо известно, что морфологические изменения при атеросклерозе локализуются в крупных артериях эластического типа [6]. На первом месте по частоте, интенсивности, объему поражения стоит аорта, особенно нисходящий отдел грудной аорты и брюшная аорта, а также сонные артерии [3]. По мере развития атеросклеротической бляшки в нее начинают обильно вращать *vasa vasorum*, которые создают обширную поверхность для миграции лейкоцитов как внутрь бляшки, так и из нее [4]. При изъязвлении бляшки возможна отслойка средней оболочки аорты от внутренней или наружной с образованием расслаивающей аневризмы.

Для оценки атеросклероза, дегенеративного изменения стенок артерий, сопровождающегося образованием на них жировых бляшек и рубцовой ткани и утолщения артериальной стенки широко применяется МРТ и магнитно-резонансная ангиография (МРА). В последнее время средства МРТ и МРА доказано стали одним из ведущих методов в детальной оценке состояния и структуры собственно стенозирующей атеросклеротической бляшки и сосудистой стенки артерий [1, 7]. Однако методы исследования микроциркуляции и биологического состояния именно стенки аорты на сегодняшний день практически не развиты, а накопление контраста-парамагнетика в атеросклеротически измененной аорте как таковое практически не изучено, в отличие от атеросклеротических поражений сонных артерий. Поэтому мы изучили картину МР-томографической визуализации атеросклеротических поражений аорты при парамагнитном контрастировании у пациентов с распространенным атеросклерозом и перенесенным острым инфарктом миокарда (ОИМ).

Материалы и методы

В исследование были включены 24 пациента (22 мужчины, 2 женщины, 59 ± 6 лет) с распространенным атеросклерозом и перенесенным трансмуральным острым инфарктом миокарда (ОИМ) левого желудочка (ЛЖ), проходивших МРТ сердца в порядке предоперационной подготовки. В качестве контрольных обследованных в исследование включены восемь пациентов с опухолевой патологией органов грудной клетки (ОГК) без признаков клинически значимого атеросклероза того же возрастного диапазона (57 ± 8 лет).

Методика контрастированного исследования аорты. В дополнение к контрастированному ис-

следованию сердца, выполнявшемуся по клиническим показаниям, была проведена контрастированная МРТ области атеросклеротического поражения аорты в аксиальной плоскости. Введение парамагнетика осуществлялось в дозе 0,1 ммоль на 1 кг массы тела. Использовались такие контрастные препараты, как Омнискан (Никомед), Магневист (Байер Шеринг Фарма), ОптимАРК (Mallinckrodt Inc.). До введения и спустя 10–15 мин после записывались T1-взвешенные спин-эхо изображения с параметрами исследования TR=450–700 мс, TE=15–20 мс, в матрицу изображения 256×256 пикселей, при размере области исследования до 250×250 мм и толщине томосреза 6–7 мм. Изображения были получены на томографе Магнетом-Опен (Сименс Medical, 0.2T) с программным обеспечением Magnetom-Flash (компьютер Sun Spare II). Для удобства и точности визуального анализа изображения трансформировались из формата градаций серого в цветовую шкалу «Hot Metal» средствами программной обработки изображений ezDICOM (Wolfgang Krug and Chris Rorden). У всех пациентов рассчитывался индекс усиления T1-взвешенного изображения (ИУ) как отношение интенсивностей области стенки аорты на контрастированном и исходном МРТ-исследовании. Определялся также геометрический диаметр аорты на уровне накопления контраста-парамагнетика в стенке аорты.

Статистическая обработка результатов была проведена с использованием как параметрических (критерий Стьюдента), так и непараметрических (критерии Манна – Уитни, Вилкоксона) статистических критериев.

Результаты

В контрольной группе очевидным было визуальное отсутствие значимого накопления контраста-парамагнетика в стенке аорты (рис. 1), так что ИУ не превышал 1,04 (среднее значение – $1,01 \pm 0,02$).

У пациентов с распространенным атеросклерозом и перенесенным ОИМ наблюдались достоверно превосходящие показатели контрольных лиц, усиление интенсивности сигнала в атеросклеротически измененной стенке аорты при введении контраста-парамагнетика, значение ИУ во всех случаях было больше 1,14 (среднее значение – $1,19 \pm 0,06$, $p < 0,005$ при сравнении с контрольной группой). При этом имелась недостоверная тенденция к большему диаметру аорты на уровне включения по сравнению с контрольной группой ($3,4 \pm 0,3$ см и $3,2 \pm 0,1$ см, $p > 0,05$).

Визуально характер накопления контраста-парамагнетика в зависимости от протяженности и циркулярности поражения визуализировался как локально-очаговый (рис. 2) либо диффузно-распространенный (рис. 3) тип аккумуляции.

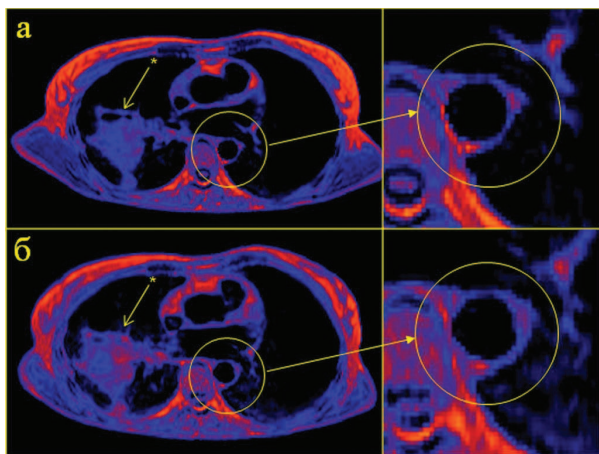


Рис. 1. МР-томографическое исследование ОГК у пациента с опухолевой патологией легких при отсутствии клинического атеросклероза:
 а – Т1 ВИ до введения контраста,
 б – Т1 ВИ после контрастирования – отсутствие накопления контраста-парамагнетика в стенке аорты,
 * опухоль правого легкого

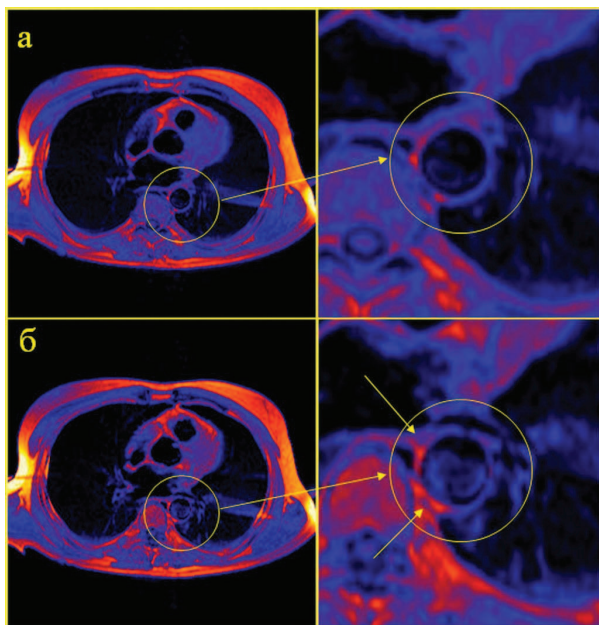


Рис. 2. МР-томографическое исследование у пациента с распространенным атеросклерозом и ОИМ ЛЖ:
 а – Т1 ВИ до введения контраста,
 б – Т1 ВИ после контрастирования – очаговое накопление контраста-парамагнетика в стенке аорты

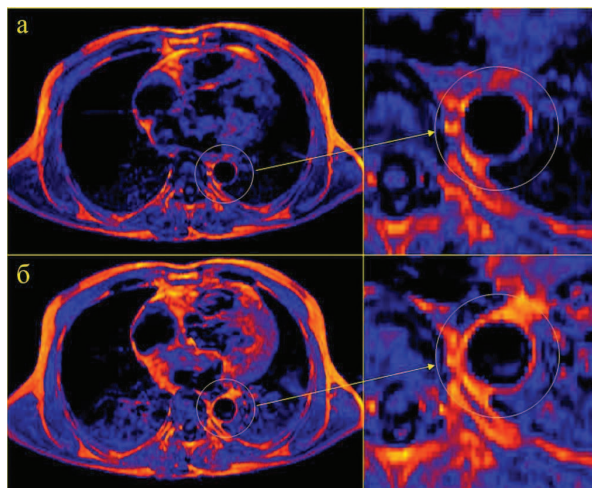


Рис. 3. МР-томографическое исследование у пациента с распространенным атеросклерозом и ОИМ ЛЖ:
 а – Т1 ВИ до введения контраста,
 б – Т1 ВИ после контрастирования – диффузно-распространенный синдром аккумуляции контраста парамагнетика в стенке аорты

При статистическом анализе не удалось установить достоверной корреляции характера и интенсивности включения парамагнетика в аортальную стенку с показателями геометрических размеров собственно аорты или тяжести поражения левого желудочка за счет перенесенного инфаркта миокарда.

Обсуждение

Представленные здесь результаты контрастированной МРТ-визуализации состояния стенки аорты у пациентов с распространенным атеросклерозом и ишемическими повреждениями миокарда, по сути, являются МР-томографическим отражением принципов и механизмов, ранее изученными в морфологических и патофизиологических исследованиях.

В частности, неоваскуляризация стенки аорты при ее холестеринозе и развитии атеросклеротического поражения меди и интимы была морфологически детально изучена еще первооткрывателем роли холестерина в атерогенезе С. С. Халатовым в 1912–1930 годах [8, 9]. В последнее время повышенный интерес к аневризматической болезни аорты позволил выяснить детальную роль в этом процессе в первую очередь инфильтрации стенки аорты тучными клетками [11], высвобождения ими химаза и металлопротеиназ с развитием патологической васкуляризации стенки аорты [10, 12]. Однако парадоксальным образом в качестве средств контрастирования

при МРТ-визуализации этих поражений именно стенки аорты до сих пор и в основном в эксперименте используются только наночастицы с модифицированной поверхностью – с селективной аффинностью к определенным пулам рецепторов эндотелия микрососудов [13, 14].

Между тем парамагнитные контрасты позволяют детально визуализировать средствами МР-томографии атеросклеротические бляшки именно благодаря повышенной васкуляризации бляшек и несовершенству в них гистогематического барьера [15]. Показано, что повышенная васкуляризация бляшек при их каротидной локализации является дополнительным фактором риска мозгового инсульта [2, 5]. Поэтому оценка других атеросклеротических поражений также представляет большой интерес. Наши результаты позволяют обоснованно утверждать, что атеросклеротические бляшки в стенке нисходящей аорты могут быть уверенно визуализированы с применением внеклеточных парамагнетиков. Различающиеся между собой синдромы очагового и распространенного контрастирования стенки аорты отражают различный характер неоваскуляризации в каждом конкретном случае атеросклероза аорты.

Представленные здесь данные исследования парамагнитного контрастирования стенки аорты у пациентов с распространенным атеросклерозом позволяют говорить о возможности прямой визуализации патологического неоваскулогенеза средствами МРТ, но клинико-прогностическое значение картины контрастированной МРТ аорты, ее взаимоотношений с другими характеристиками атеросклеротического процесса, безусловно, требует дальнейшего изучения на основе намного больших по численности выборок обследованных. Отдельного внимания заслуживают исследования аорты с контрастированием стенки при повышенном артериальном давлении у таких пациентов. Тем не менее уже сегодня можно обоснованно полагать, что каждый случай контрастирования аортальной стенки при МР-томографическом исследовании с парамагнетиками у пациентов с распространенным атеросклерозом требует пристального внимания и тщательного проспективного наблюдения.

Методика МР-томографического контрастированного исследования атеросклеротических поражений аорты может рассматриваться как дополнительная независимая техника исследования атеросклероза при проспективных исследо-

ваниях не только хирургических, но и консервативных методов антиатеросклеротической терапии, а также оценки риска расслаивания, разрыва аневризматических атеросклеротических поражений и, вероятно, позволит выработать дополнительные критерии к их опережающему хирургическому ведению.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова Н. Н., Беличенко О. И.* Магнитно-резонансная томография и магнитно-резонансная ангиография в визуализации сосудистых структур // Вестник рентгенологии и радиологии. 1997. № 2. С. 50–54.
2. *Бобрикова Е. Э.* Контрастирование коронарных атеросклеротических поражений при МРТ-исследовании сердца // Мед. визуализация. 2013. № 3. С. 21–29.
3. *Гуревич В. С.* Современные представления о патогенезе атеросклероза // Болезни сердца и сосудов. 2006. № 4. С. 4–8.
4. *Корж А. Н.* Атеротромбоз: современные представления о патогенетических концепциях и терапевтических мишенях // Укр. кардіол. журнал. 2004. № 2. С. 110–115.
5. Оценка состояния атеросклеротических бляшек брахиоцефальных артерий средствами высокоразрешающей контрастированной МРТ: взаимосвязь с ишемическим повреждением головного мозга / Е. Э. Бобрикова [и др.] // Мед. визуализация. 2013. № 1. С. 26–34.
6. *Ройтберг Г. Е., Струтынский Ф. В.* Внутренние болезни. Сердечно-сосудистая система. М.: Бином, 2003. 856 с.
7. *Стражздень Е. Ю., Шария М. А.* Магнитно-резонансная томография сонных артерий в оценке структуры каротидных атеросклеротических бляшек (обзор литературы) // Вестник рентгенологии и радиологии. 2011. № 4. С. 52–57.
8. *Халатов С. С.* Учение о диатезе и местных отложениях продуктов обмена. М.; Л.: Госиздат, 1930. 456 с.
9. *Халатов С. С.* Холестериновая болезнь в ее патофизиологическом и клиническом значении. М.: Медгиз, 1946. 126 с.
10. Critical role of mast cell chymase in mouse abdominal aortic aneurysm formation / J. Sun [et al.] // Circulation. 2009. Vol. 120. P. 973–982.
11. Mast cells associate with neovessels in the media and adventitia of abdominal aortic aneurysms / M. I. Mäyränpää [et al.] // Journal of Vascular Surgery. 2009. Vol. 50. P. 388–395.
12. Mast cells modulate the pathogenesis of elastase-induced abdominal aortic aneurysms in mice / J. Sun [et al.] // Journal of Clinical Investigation. 2007. Vol. 117. P. 3359–3368.
13. Molecular imaging of angiogenesis in early-stage atherosclerosis with alpha(v)beta3-integrin-targeted nanoparticles / P. M. Winter [et al.] // Circulation. 2003. Vol. 108. P. 2270–2274.
14. MR molecular imaging of aortic angiogenesis / K. Cai [et al.] // JACC Cardiovasc Imaging. 2010. Vol. 2, № 8. P. 824–832.
15. Quantitative magnetic resonance imaging analysis of neovascularity volume in carotid atherosclerotic plaque / W. Kerwin [et al.] // Circulation. 2003. Vol. 107. P. 851–856.

Статья поступила 21.03.2014

Ответственный автор за переписку:
Максимова Александра Сергеевна,
аспирант ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН

Адрес для переписки:
Максимова А. С., 634012, Томск
ул. Киевская, 111А
Тел. 8 (3822) 55-43-74
E-mail: asmaximova@yandex.ru

Corresponding author:
Alexandra S. Maximova,
PhD student of FSBI RI for therapy, SB RAMS

Correspondence address:
A. S. Maximova, 111A, Kievskaya St.
Tomsk, 634012
Tel. +7 (3822) 55-43-74
E-mail: asmaximova@yandex.ru